На даний момент існує потужний канал постачання грошей і зброї українським силам, але слід чітко дати зрозуміти, що, оскільки цей конфлікт затягнеться, українські сили можуть бути змушені використовувати тактику, подібну до тієї, яку використовують ті, хто поділяє схожі цілі. . Цілком імовірно, що українська стратегія може виявитися тісно пов'язаною зі стратегіями повстанських груп Близького Сходу, таких як ІДІЛ і ХАМАС, на тлі яких є протистояння з військовою силою, набагато більшою, ніж їхня. Значна частина керівництва ІДІЛ складається з прихильників Саддама, які відмовляються погодитися на повалення свого давнього лідера. Крім того, що стосується українського контрнаступу, то неможливо зупинити те, що було запущено російським вторгненням — перспективу того, що росіяни та українці тепер є ворогами до глибини душі. Тепер, коли українці та росіяни пристосувалися до ідеї війни та смерті, багато хто не сумніватиметься в цій реальності протягом багатьох років. Це нічим не відрізняється від ХАМАС чи ІДІЛ, оскільки обидві ці організації погодилися на реальність війни та смерті та наполягають на збереженні цього протягом невизначеного періоду часу.

Є одне, що дасть світові українське повстанство. Подальші досягнення та знання у підземній війні та протиракетній обороні, що стане вірогідною стратегією, яку українські повстанці можуть застосувати проти російської окупації, бачачи, що єдиний метод ведення війни, який використовуються великими державами для припинення повстанців, безрезультатно по всій території світ зазнав авіаударів.

Україна продемонструвала ефективність секретних підземних тунелів, коли вони діяли в жорсткій непоступливості під час російського штурму Маріуполя під час українсько-російської війни 2022 року. У середині квітня того ж року на металургійному комбінаті «Азовсталь» у Маріуполі українські війська сховалися та чинили надзвичайний опір російським військам. Фабрика була укріплена сталевими та підземними тунелями, що ускладнювало російські авіаудари з точною локалізацією та знищенням українських сил. Коли російські війська просунулися далі вглиб Маріуполя та оточили фабрику, українські війська, завдяки укріпленню підземного укриття, залишилися стійкими та готовими до бою до останнього українського солдата. Ще в лютому, на початку вторгнення в Україну, Росія здійснила десантний напад на Маріуполь і нещадно його обстріляла, вбивши 10 мирних жителів Греції та 6-річну дівчинку. Ще в 2015 році серія російських авіаударів по Маріуполю забрала життя 29 мирних жителів. Наприкінці лютого та на початку березня Маріуполь, який усе ще перебував під контролем України, був повністю оточений російськими військами, обстріли яких перекрили в місті доступ до води, Інтернету та електроенергії. Ця зупинка життєвих ресурсів була єдиним засобом зупинити український опір. Багато із загиблих у Маріуполі не змогли сховатися в підземних бункерах. 2 березня, коли росіяни перешкодили мирним жителям евакуюватися з

міста, сотні мирних жителів були вбиті внаслідок безжального обстрілу житлового району російськими військами. Наступного дня обстріли продовжилися, оскільки ДНР закликала українських бійців здатися або зіткнутися з артилерійським обстрілом. У Міноборони Росії повідомили, що російські війська захопили додаткові райони поблизу. Тим часом запаси в Маріуполі закінчувалися, що спонукало до підкріплення та евакуації цивільного населення, оскільки російські сили обстрілювали життєво важливі об'єкти, такі як лікарні. Якби підземні укріплення заводу «Азовсталь» містили таємний тунель, достатній для того, щоб дістатися до підконтрольних Україні територій, можна було б встановити лінію постачання, яка дозволила б втекти цивільним особам, а також забезпечити життєво важливими припасами українські війська, які сховалися в бункерних підкріпленнях для продовження опору Російський тиск. Згодом було введено режим припинення вогню, щоб дозволити 200 000 цивільних осіб, які опинилися в пастці в Маріуполі, евакуюватися, але це сталося лише тому, що Червоний Хрест втрутився як посередник і пообіцяв забезпечити угоди про припинення вогню, які дозволять цивільним залишити місто. Розгалужена секретна підпільна мережа, здатна охопити різні регіони України, дозволила б мирним жителям втекти незалежно від російських операцій. У будь-якому випадку, коли нарешті було досягнуто угоди про припинення вогню, цивільним особам лише ненадовго дозволили залишити Маріуполь і шукати притулку в місті Запоріжжя. Причина – російські війська почали обстріл міста, через що мирні жителі були змушені повернути назад і залишитися на місці. Російське розуміння припинення вогню полягало в тому, що мирним жителям дозволять виїхати, але коридором у бік Росії, а не в бік Запоріжжя. Однак Україна побоювалася, що Росія відправлятиме полонених українських цивільних до таємних концтаборів або в Росії, або на територіях, контрольованих сепаратистами. Ця перша спроба 5 березня встановити гуманітарні коридори призвела до евакуації лише 17 осіб. Друга спроба наступного дня була знову зірвана російськими артилерійськими ударами, які знищили міський паливний трубопровід і доступ до опалення в більшій частині міста, залишивши 700 000 людей без опалення та згодом ризикуючи замерзнути до смерті за мінусових температур. Остання лінія зв'язку, що залишилася, вежа стільникового зв'язку, була пошкоджена російськими обстрілами. У Червоному Хресті заявили, що нове припинення вогню є лише принциповим, а інші обставини евакуації мирних жителів залишаються неясними. Одна з доріг, якою планувалась евакуація мирного населення, була замінована. А 8 березня російські війська під час евакуації мирного населення обстріляли один із шляхів евакуації. У Маріуполі загинула велика кількість мирних жителів, багато з них були поховані в братських могилах. Навіть коли це відбувалося, Росії вдалося обстріляти могили, де було поховано багато жертв. Спроба нового припинення вогню була розгромлена 9 березня, коли

російські війська почали стріляти по будівельниках і блокпостах, встановлених для евакуації. Після цього послідував авіаудар по пологовому відділенню та лікарні, внаслідок чого загинуло троє мирних жителів і було поранено 17. Через три дні, коли російські війська захопили східну частину Маріуполя, приблизно 82 етнічних греків змогли вибратися з Маріуполя через один із встановлені коридори. Після цього російські війська почали новий артилерійський обстріл Маріуполя. Мер Маріуполя Вадим Бойченко заявив, що 13 березня російські військові скинули сотні бомб протягом 24 годин, що призвело до нестачі їжі та води. Тим не менш, українські сили змогли чинити певний опір і знищити кілька російських військових машин, а також знищити 150 російських військових, які воюють у місті. Тим часом етнічні турки були в режимі очікування в очікуванні порятунку та евакуації турецького уряду. 14 березня з Маріуполя пропустили колону евакуйованих, а в Міноборони Росії підтвердили, що до міста прибуває допомога. Наступного дня, 15 березня, ще більше цивільних змогли виїхати, приблизно 20 тис. Однак 16 березня російська авіація завдала удару по театру в Маріуполі, де сховалися сотні мирних жителів. Повідомляється, що в результаті загинули 600 осіб. Ця цифра виявилася перебільшенням. Але більше того, підземний підвал у театрі дозволив десяткам людей вижити під час авіаудару. Це свідчить про ефективність підземних споруд, які забезпечують найвищий рівень ефективності ухилення від авіаударів. Після нападу понад 100 людей, які ховалися у підвалі, вижили та виповзли з-під уламків театру 17 березня. Насправді українські чиновники спочатку повідомляли, що в результаті удару ніхто не загинув.

Штурм продовжився, коли через 2 дні сили ДНР захопили маріупольський аеропорт, витіснивши українські війська. Коли «ДНР» невдовзі просунулася в центр Маріуполя, на метзаводі «Азовсталь» відбулися сутички між ними та українськими силами. У цей час почали поширюватися звинувачення в тому, що Росія депортує мирних жителів у табори та віддалені райони Росії. Після того, як Росія спростувала такі звинувачення, у Маріуполі розбомбили ще одну школу, в якій ховалися від обстрілів 400 мирних жителів. Тим часом російські війська продовжували вимагати капітуляції України. Проте українські сили продовжували відмовлятися. 21 березня Росія відповіла шквалом авіаударів, які незабаром змусили мера та інших міських чиновників тікати. У цей момент росіяни обходили центр Маріуполя, проголошуючи перемогу, оскільки російські війська просувалися в глиб міста. 27 березня мер закликав до негайної евакуації решти жителів Маріуполя, оскільки їжа та вода були повністю вичерпані до того, що навіть українським солдатам було нічого їсти. Незважаючи на такі позбавлення, українські вояки наполягали на боротьбі до останнього, не залишаючи ні цивільного, ні солдата. Наступного дня мер визнав, що Маріуполь перебуває під контролем Росії, а під час блокади загинуло 5 тисяч людей. Україна повідомила, що 20

000-30 000 були захоплені російськими військами і відправлені в табори, розташовані в Росії. Того ж дня росіяни зайняли військовий штаб, адмінбудівлю, а також штаб полку «Азов». За весь час конфлікту росіяни збили загалом 90% рятувальних гелікоптерів, надісланих президентом України Зеленським для проведення евакуації, а також для поповнення запасів азовців, які переховувалися на металургійному комбінаті «Азовсталь». Після того, як 4 квітня росіяни захопили в полон 267 морських піхотинців 503-го батальйону ВМС України, українським військовим нічого не залишалося, як зрештою розділитися на кілька осередків. Це спричинило розкол серед українських бійців полку «Азов» і 36-го окремого бригади морської піхоти, зв'язок якої був перерваний здачею в полон 267 морських піхотинців 503-го батальйону ВМС ЗС України. У відповідь Україна спробувала поповнити запаси бійців Азова дислокованих на металургійному заводі «Азовсталь», але це не вдалося, оскільки російські винищувачі збили МІ-8, який використовувався для місії. Після захоплення мосту, що веде до металургійного комбінату «Азовсталь», росіяни змогли взяти під контроль рибний порт і перекрити українським військовим доступ до рибного порту та металургійного заводу. Якби українські війська мали підземний шлях до рибного порту, все було б інакше. Блокування Росією доступу шляхом руйнування мосту стало серйозним ударом, який збігся з гострою нестачею боєприпасів, що обмежило рівень опору, який українські сили, які утримували завод, могли чинити проти прибулих російських солдатів. Тоді неважко було передбачити, що Маріуполь незабаром потрапить до рук ДНР і російських військ. Частина українських військовослужбовців із кишені українських військових 36-ї окремої бригади морської піхоти, затриманих на металургійному комбінаті імені Ілліча, потрапили в полон 11 квітня. Деяким з них вдалося втекти і приєднатися до полку "Азов" на "Азовсталі" металургійного заводу, а інші загинули в дорозі. Ватажок Баранюк був захоплений російськими військами, коли намагався втекти з міста замість з'єднання з Азовом. Решта 1026 українських військовослужбовців на металургійному заводі імені Ілліча здалися наступного дня, залишивши Маріуполь, який захищали дві невеликі групи українських солдатів. Не дивно, що керівництво "Азова" розчарувалося в Баранюку, оскільки він не передавав план втечі іншим військовослужбовцям і не намагався зв'язатися з полком "Азов", як це намагалися б інші втікачі із заводу робити . Натомість, як розповіла Лля Самойленко, він намагався втекти, «забравши з собою людей, танки та боєприпаси». Пізніше українські бійці, оточені російськими військами на комбінаті «Азовсталь», звернулися з проханням про підкріплення та додаткове постачання, заявивши українському командуванню, що ситуація складна, але бої все ж можливі. Металургійний завод був потужною фортифікаційною спорудою, було багато підземних ходів, у яких люди могли сховатися та захиститися від російської авіації. Це також забезпечувало непомітність

українських військ, що ще більше ускладнювало ворожим силам їх локалізацію. Однак без лінії постачання українські сили не могли відбивати безперервні російські удари, тому що боєприпаси, їжа та вода зрештою закінчилися, і тим, хто там ховався, не залишалося іншого вибору, окрім як здатися або померти від злиднів.

Після захоплення порту біля маріупольського пляжу частина бійців "Азову" комбінату "Азовсталь" врятувала та евакуювала 500 українських військових і міліціонерів, які перебували в порту. За словами офіцера української морської піхоти, "Азов" зайшов у порт і накрив вогнем українських військових, які застрягли в порту, дозволивши їм втекти. Таким чином, полк «Азов» та інші українські бійці на металургійному комбінаті «Азовсталь» залишилися останньою групою українських вояків, яка протистояла натиску росіян. Однак вони відмовилися здатися перед обличчям погроз Росії знищити їх. За даними російських чиновників, кількість українських бійців, що залишилися, оцінюється приблизно в 2900 осіб. Незважаючи на російський контроль над містом, російські сили ще не отримали наказ атакувати завод «Азовсталь». У Кремлі вірили, що українські війська здадуться, коли закінчаться критичні запаси. Але українські чиновники сприйняли це як те, що Росія визнала, що у них немає можливості проникнути в складну інфраструктуру заводу. Підземні аспекти сталеливарного заводу були схожі на методи, які використовували ІДІЛ і ХАМАС для успішного уникнення авіаударів на Близькому Сході. Однак головною метою Росії в Маріуполі було з’єднання міста з Кримом, щоб туди могла надходити вода та інші запаси. Коли ця мета була досягнута, Росія не поспішала брати контроль над металургійним заводом, вважаючи, що тотальний напад на нього марно витрачатиме військовий персонал і буде надзвичайно дорогим.

22 квітня російські війська почали збільшувати свою присутність біля металургійного комбінату «Азовсталь» неподалік від позицій українських військових на «Азовсталі». Того дня було підтверджено, що єдині українські сили, які залишилися в Маріуполі, це ті, хто ховався на металургійному заводі. Згодом Росія почала виводити частину своїх військ з Маріуполя та передислокувати їх в інші частини східної України. Після цього послідував шквал авіаударів по об’єкту «Азовсталь» російських військ, один з них завдав удару по військовому польовому госпіталю, поранивши сотні інших. Відразу після цього, 30 квітня, було створено гуманітарний коридор, за посередництва якого Антоніу Гутерріш відвідав Москву тижнем раніше. Поступово на початку травня мирним жителям, які переховувалися на об’єкті «Азовсталь», дозволили виїхати. 100 залишили Маріуполь 2 травня, тоді як Росія вивела багато своїх сил з міста та передислокувала їх в інші місця на Донбасі. Це підтвердили в Міністерстві оборони США. Після виведення військ наступ Росії на Маріуполь став суто авіаударом. Однак наступного дня, 3 травня, росіяни спробували

прорватися на станцію через систему тунелів після того, як електрик повідомив їм про розташування підземної мережі, що було актом зради з його боку. Через два дні з об’єкта «Азовсталь» через гуманітарний коридор, призначений для роботи з 8 ранку до 6 вечора, було евакуйовано більше цивільних осіб.

Росіяни в останній спробі змусити українських військових на об’єкті «Азовсталь» здатися застосували термобаричні бомби проти українських солдатів. Після тривалого протистояння полку «Азов» та інших українських бійців президент Зеленський віддасть наказ українським силам у Маріуполі здатися. Це сталося після того, як він пообіцяв не поступатися жодною територією російським силам. Згодом решту цивільних осіб буде повністю евакуйовано до 7 травня. Решта військових, які вийшли на переговори про капітуляцію, потрапили в полон до російських військових, які евакуйовували їх із заводу, лікували поранених і утримували разом із рештою українських військових на території, контрольованій силами ДНР. Українське командування підтвердило, що бій завершено і Маріуполь тепер в руках угруповань ДНР і росіяни. Останні українські солдати здалися росіянам 20 травня. Президент Росії Володимир Путін пообіцяв поводитися з військовополоненими за міжнародними стандартами. Проте частина російського уряду була проти звільнення бійців полку «Азов» у разі майбутніх обмінів полоненими. Український опір із застосуванням підземних укріплень заводу «Азовсталь» був гарним прикладом того, наскільки ефективними є тунелі для боротьби з авіаударами.

Протягом всієї історії війни підземні споруди з великим успіхом використовувалися проти сил противника. Ще під час арабських вторгнень у VII столітті ченці виявили, що вони можуть успішно уникати арабських сил, ховаючись під землею. Ізраїль і США працюють над технологією, яка дозволить їм виявляти підземні тунелі, і якщо їм це вдасться, ми можемо побачити кінець довготривалому конфлікту на Близькому Сході та в Східній Європі, тому що така технологія дозволить Росії, США , а Ізраїль – знищити можливості опору меншої кількості солдатів. Але якщо це не так, тоді ми можемо очікувати, що всі там намагатимуться домагатися самовизначення, не зважаючи на переважаючу повітряну силу іншої країни. Технологія, яка використовується для виявлення підземних тунелів, передбачає використання сейсмічних або гравітаційних детекторів. Сейсмічні детектори здатні вимірювати коливання, коли вони проходять повз об’єкти під поверхнею землі, і якщо їм вдасться знайти спільну аномалію, яка б ідентифікувала існування тунелю, ці детектори можуть бути ефективними. Однак все одно потрібні розвідувальні дані, які точно вказують загальну територію, де може існувати тунель. Гравітаційні детектори, такі як гравіметри, здатні виявляти зміни в гравітаційному полі Землі на основі щільності під поверхнею. Наявність порожнечі під землею зменшить силу гравітації, що відповідно відобразиться на гравіметрі. Іншим методом є вимірювання напруги електричного струму, який би рухався з нижчою

напругою всередині порожнечі. Іншим використовуваним пристроєм є георадар (GPR) для виявлення тунелів. Георадар використовує імпульси радіочастотної енергії, щоб бачити під землею. Однак відстань, яку виявляють під землею, обмежена, оскільки вона досягає глибини приблизно 50 футів. Контрабандисти наркотиків і бойовики прорили тунелі на глибині до 100 футів під поверхнею. Використання бункерів (повітряних бомбардувальників, використовуваних США проти ІДІЛ), які можуть пробивати сотні футів як землі, так і бетону, все ще заперечується через можливу протяжність тунелів. Деякі тунелі мають кілька об'їзних шляхів, які дозволяють евакуювати та реконструювати пошкоджені ділянки. Контрабандисти наркотиків тепер становлять набагато більший ризик з точки зору національної безпеки, оскільки система тунелів є як оборонною, так і наступальною зброєю — незалежно від її використання в діяльності з контрабанди. Арешт двох бойовиків-хуситів на кордоні США та Мексики у 2021 році піднімає питання про вразливість, оскільки можна стверджувати, що проникнення в Латинську Америку радикальних бойовиків ставить США під загрозу не лише невиявлених наркотиків, які надходять до країни, але й а й наслідки щодо ймовірності від а напад бойовиків або засідка, ініційована з підземного тунелю з Мексики. Входи в тунелі, побудовані Хамасом і ІДІЛ, мають ширину близько 1 метра і йдуть на глибину до 100 футів під поверхнею. Для прокопування тунелів часто використовують пневматичні відбійні молотки, і робітники долають ними близько двох-трьох метрів на день. Для виконання цієї роботи бойовики зазвичай залучають кваліфікованих робітників. Ці працівники зазвичай мають певні знання про інженерні та геологічні аспекти будівництва тунелю. Тунелі часто копають зсередини притулку чи будинку, що забезпечує оперативникам більшу скритність. Бойовики ІДІЛ, які врятувалися від ворожого вогню, часто шукають притулку в сусідніх селах і платять тамтешнім жителям за допомогу в будівництві тунелів. Існують певні небезпеки, пов'язані з початковим процесом будівництва, наприклад обвалення. Робітники часто гинуть під час розкопок, а обвалення зазвичай відбуваються через те, що будівництво тунелю відновлюється занадто швидко після сильного дощу. Як наслідок, ерозія ґрунту, яка часто шкодить ландшафту, піддає робітників під землею ризику опинитися в пастці після обвалення. Втрати за іронією долі дозволили ХАМАС та ІДІЛ імпровізувати процес будівництва підземки та краще зрозуміти його. ХАМАС, у свою чергу, зумів оснастити свою тунельну систему електрикою, бетонними стінами та стелею, а також може здійснювати зв'язок за допомогою наземних ліній, що ускладнює виявлення їхнього розташування. Українські ополченці успішно використовували стаціонарні телефони під час війни на Донбасі, не даючи російським безпілотникам виявити їхні позиції. Цей тип технічних знань, набутих повстанцями на Близькому Сході, може бути корисним для українських повстанців, і можна

передбачити, що вони можуть встановити канал зв'язку з бойовиками на Близькому Сході, щоб отримати більше технічного досвіду з будівництва тунелю. ХАМАС зміг контрабандою доправити бетон до Гази та використав його для укріплення своєї системи тунелів. Тунелі збираються з бетонних арок шириною 12-18 дюймів, довжиною приблизно 3-4 фути, і розміщені на 2 прямокутних бетонних плитах висотою близько 5 футів - одна бетонна плита підтримує один кінець арки, а інша бетонна плита підтримує інший кінець арки. Копачі тунелів, ймовірно, встановлюють кожну бетонну арку під час риття тунелю, переконавшись, що вони залишаються під аркою, продовжуючи копати, щоб зменшити ймовірність потрапляння прямо під ґрунт і камінь у разі потенційного обвалу.

З іншого боку, ІДІЛ має менш функціональну систему, але за ці роки навчилася виживати під прямими повітряними нападами, ховаючись під землею. Цілком імовірно, що ІДІЛ будуватиме свої тунелі, виходячи з близькості розташування газових полів. Багато нещодавніх атак із засідок ІДІЛ проти Сирії відбувалися поблизу нафтових і газових родовищ. Нафта і газ є важливими елементами війни, оскільки вони дозволяють бойовикам підтримувати електричні, матеріально-технічні та комунікаційні канали. Подібно до того, як Хамас створив підземні тунелі до Єгипту з метою контрабанди. З цієї ж причини українські бійці можуть спробувати розвинути подібну підпільну мережу в Польщі з України.

Найбільшою загрозою для будь-якої підземної споруди є сильний дощ. У більшості обвалів тунелів сильний дощ часто є основною причиною. Геологічно кажучи, вплив дощу на підземні тунелі часто стримують такі речі, як бетон, асфальт або мульча, які захищають ґрунт від впливу сильного дощу чи вітру. Під час руйнування тунелів, коли дощова вода потрапляє на ґрунт, вона з часом проникає до тунелів, що оточують скелю, послаблюючи її через ерозію. Вода потрапляє в тріщини та шви, зрештою спричиняючи руйнування та розкол каменів. На даний момент. Можна припустити, що опади є чи не найбільшою загрозою для підземних тунелів. Це саме по собі є формою розвідки, оскільки цілком ймовірно, що через це бойовики не будуть ховатися чи будувати під землею під час сильних дощів. Вони також можуть, як спосіб імпровізації, почати будувати тунельні доріжки безпосередньо під поверхневими доріжками з бетону чи асфальту, тобто міськими вулицями. Це зменшить вплив сильного дощу на стабільність тунелю. Однак брак орних земель і поширеність тривалих посух на Близькому Сході все ще дозволяють безперебійно будувати там стійкі тунелі. Це дозволяє нам зрозуміти, що підземні споруди будуть більш функціональними або заселеними під час сезонів посухи, на відміну від сезонів опадів. Ймовірно, що бойовики на Близькому Сході вже заздалегідь спланували кліматичні фактори. Підхід до цього поля конфлікту слід застосовувати з деякою дискримінацією, оскільки такі фактори, як «Для чого використовуються тунелі», повинні бути прийняті до уваги. Цілі

контрабанди не виправдовують антитерористичну операцію з пошуку та знищення, оскільки цивільні особи часто наймаються і в багатьох випадках змушені транспортувати вантаж туди та назад. Якщо тунелі використовуються для обох, тоді ще складніше розрізнити відповідно. Були представлені ідеї, які передбачають, що солдати проникають пішки в справжні тунелі та проводять операції звідти. Проблема цієї ідеї полягає в тому, що сигнали часто слабші або відключені під поверхнею, що ускладнює підтримку хорошого зв'язку. Інше питання – це питання наявності у солдатів необхідного кисню для виконання подовжених. підземні місії. Під поверхнею рівень кисню зазвичай нижчий, що наражає солдатів на небезпеку та ставить під загрозу виконання місії. Також існує ймовірність отруєння чадним газом, якщо солдати піддадуться сильному диму. Протигаз та інше обладнання, що накопичує кисень, будуть неефективними для захисту персоналу від накопичення чадного газу в такому замкнутому просторі. В ідеалі можливість виявляти та відображати тунелі на надземному радарі робить більш проникливу стратегію боротьби з тунелями, оскільки персоналу буде менше потрібно входити в підземне укріплення. Вони можуть просто дочекатися, поки оперативники вийдуть з підземної споруди, перш ніж фіксувати ситуацію. Це полегшує розрізнення, хто саме входить у тунелі та виходить із них.

Вищезгадані поверхневі конструкції забезпечують певний захист підземних тунелів. Бетон і асфальт зменшують вплив сильних дощів на ґрунт і запобігають ерозії гірських порід під поверхнею, оскільки такі сильні дощі та ерозія зазвичай є причиною руйнування багатьох підземних споруд. Це робить бетон сферою інтересів номер один у будівництві підземних тунелів. Якщо робітники бояться наслідків дощу, вони, ймовірно, імпровізували, прокладаючи тунелі, щоб слідувати вирівнюванню з бетонною поверхнею вище. Якщо ні, вони будуть імпровізувати, щоб побудувати або заселити тунелі лише протягом сухих сезонів і скоротити свою роботу під час вологих сезонів. Бойовики Гази зміцнюють свої тунелі бетонною обшивкою, але через повзучість (яка трапляється з бетоном під час тривалого навантаження) бетон може легко провалитися під землею. Важкий ґрунт і проникнення дощу в надра призводять до того, що порода руйнується, втрачаючи здатність підтримувати навколишній ґрунт. Важкий вологий ґрунт чинить сильніший тиск на підземні тунелі, зрештою спричиняючи їх руйнування. Є корисний прийом, який називається анкеруванням. Анкерні болти — це просто довгі анкерні болти, які просвердлюються в стелі тунелю, щоб підтримувати стабільність і запобігати обваленням від тривалого навантаження. Анкери зазвичай використовуються в тандемі з дротяною сіткою, щоб ще більше знизити ризик обвалення. Порівняно з іншими регіонами Близький Схід має нижчий ризик обвалення тунелю через поширеність посух. Підземні тунелі були б набагато небезпечнішими в тропічному кліматі, де регулярно йдуть дощі, що робить будівництво підземних

тунелів, викладених надземним бетоном, набагато більш необхідним. Дороги з твердим покриттям у міських районах забезпечують безпеку для пішоходів і становлять ризик для безпеки міст, якщо бойовики використовують цей вид війни.
Щоб зменшити ймовірність опинитися в тунелі під час обвалу, потрібно ретельно стежити за такими кліматичними факторами, як кількість опадів, які є основною причиною обвалів тунелю. Уникнення тунелю під час сильних опадів збільшує шанси вижити та зменшує ризик обвалу під час перебування в тунелі. Ще одна проблема – можливість отруєння чадним газом, якщо крізь кота в тунелі прорветься вогонь. Захисні маски не захищають від диму. Вдихання парів етанолу може забезпечити певний захист від впливу чадного газу. У дослідженні за участю щурів було виявлено, що отруєння етанолом має захисний ефект проти отруєння чадним газом. Цю ідею можна застосувати під землею, якщо етанол, який є легкозаймистим агентом, надійно захищений від будь-якого можливого контакту з легкозаймистими матеріалами або факторами займання. Легкозаймисті матеріали рекомендується зберігати в добре провітрюваних приміщеннях. Однак у підземних спорудах цього зазвичай не вистачає. Єдиний обхідний шлях - це для оперативників увійти в підземні тунелі з алкоголем в організмі. Негативна сторона цього полягає в тому, що алкоголь може сприяти погіршенню суджень і реакції у випадку серйозної надзвичайної ситуації. Це не ідеальний стан для тих, хто виконує ризиковану місію, але це єдиний спосіб безпечно використати захисний ефект алкоголю від отруєння чадним газом у замкнутому, погано провітрюваному приміщенні. Це також передбачає, що може знадобитися компроміс, відмовившись від деякого часу реакції та судження в обмін на тривалий час у тунелях. Оскільки алкоголь корелює з вищим вмістом калію в сироватці крові, можна припустити, що вищий рівень калію в сироватці крові забезпечує захисний ефект від отруєння чадним газом. Я б зайшов так далеко, щоб припустити, що вищий рівень калію в організмі зменшує потребу організму в кисні, хоча насправді, чим вища концентрація калію в організмі людини, тим токсичнішим може бути сам кисень. Якщо це правда, це може бути проривом, який дозволить людям довше виживати в тунелях. У будь-якому випадку, звичайно, в процесі порушення дихального апарату можуть потрапити пари етанолу. Важливість обхідної дороги пояснюється тим, що персонал зможе перебувати під землею набагато довше.

У наш час Близький Схід є, мабуть, найкращим прикладом того, наскільки ефективні тунелі проти захисту міст. Починаючи з кінця 2013 року, ІДІЛ вдалося взяти в облогу та окупувати значні території в Іраку та Сирії до можливого втручання США в Ірак у 2014 році та російського вторгнення до Сирії у 2015 році. Навіть після численних повітряних бомбардувань ВПС США та Росії в Іраку та У Сирії, відповідно, ІДІЛ усе ще вдалося вижити, використовуючи тунелі, навіть влаштувавши успішні засідки проти сил сирійського режиму в умовах їхнього зменшення

чисельності, таким чином подовжуючи конфлікт і вимагаючи більшої дисципліни в бою умовах. Багато збройних сил у всьому світі визнали загрозу та почали йти на поступки, щоб впоратися з цією проблемою. Ізраїль стикається з найбільшою проблемою — боротися із загрозою підпільних операцій ворожих сил. «Хезболла» і «Хамас» використовували тунельну війну і в багатьох випадках успішно проникали на територію Ізраїлю. Ізраїль посилив свою оборону у відповідь і використовував технологію протягом багатьох років, щоб знайти ряд транскордонних тунелів. Ефективне використання підземних тунелів пов'язане з небезпекою викрадень людей, закладення вибухівки, захоплення заручників і повної облоги, і все це, ймовірно, станеться в Україні, коли повстанці намагатимуться відвоювати території від російських загарбників. На Заході було побудовано багато підпільних структур, але в основному для контрабанди наркотиків та імміграційних цілей. Є принаймні приклад того, як тунель, який будувався для пограбування банку, закінчився руйнуванням через обвалення в результаті сильних дощів. Частина тунелю, ймовірно, вирівняна з поверхнею місцевості, що складається з бруду. Коли йшов дощ, вода, ймовірно, проникла в ґрунт і роз'їла навколишнє каміння тунелю, спричинивши його обвал. Цілком імовірно, що в майбутньому будуть побудовані атакуючі тунелі, які вирівняються з поверхневими бетонними ділянками, щоб зменшити ризик обвалу від сильних опадів.

Авіаудари та запуски ракет є основною причиною жертв серед цивільного населення під час військових конфліктів. Такі великі держави, як США, Росія та Ізраїль, мають розгалужені системи протиракетної та протиповітряної оборони для забезпечення безпеки свого населення. Російська система називається С-400. У США є так звана ракетна система Patriot. А Ізраїль має знамениту систему «Залізний купол», яка була перевіреним ресурсом для збиття тисяч ракет, випущених із Гази, і таким чином врятувала життя тисяч ізраїльських цивільних. Через наступ Росії на країну з численними авіаударами та ракетними запусками Україна буде змушена розробити план розвитку власної системи ПРО, якщо планує відвоювати захоплені Росією та сепаратистами території на сході та півдні України. Україна, ймовірно, дотримуватиметься стратегії, яка використовуватиме потужність протиповітряної та протиракетної оборони, а також тактику ухилення, таку як підземна війна. Якщо Сполучені Штати планують озброювати українську армію протягом невизначеного періоду часу, не втягуючись у військовий конфлікт, їм доведеться сприяти розвитку підпільної мережі контрабанди зброї, принаймні до тих пір, поки українська ППО не стане достатньо адекватною збивати російські ракети і не дати їм знищити склади, де зберігається західна зброя. Багато в чому так само, як ХАМАС може контрабандою переправляти зброю під землею через Єгипет. Україні, ймовірно, знадобиться подібний підпільний апарат для контрабанди західної зброї через Польщу.

Сучасні зенітні та протиракетні системи використовують радари стеження для перехоплення цілей і запускаються з ракетних батарей, розміщених на землі. В основному батарея складається з п'яти компонентів. По-перше, це власне ракета. Потім є пускова установка, яка утримує ракету, наводить її на ціль і запускає. Також в комплект входить антена радара, яка виявляє ракети, літаки або ракети, що наближаються. Усе це контролюється через центр керування, який зазвичай розташований усередині вантажівки з обладнанням. Там комп'ютери з радіолокаційним інтерфейсом і пультами обслуговуються операторами. Іншим компонентом системи є вантажівка з електростанцією, що містить щонайменше 2 генератори по 150 кВт, що відповідають за живлення радарів і комп'ютерного обладнання центру управління. Зенітний і протиракетний комплекс відрізняється від переносних плечових ракетних установок тим, що в зенітних і протиракетних комплексах використовується наземна РЛС для відстеження наближених ракет і авіаційних цілей. Переносні плечові ракетні установки використовують інфрачервоне наведення для відстеження цілей. Однак цього методу легко уникнути літаками, які скидають факели, що змушує інфрачервоний шукач збиватися з курсу та натомість відстежує тепло від факелів, а не від вихлопу літака. Що стосується наземних радіолокаційних ракетних систем, то радар може зафіксувати ракету, що летить на відстані 50 миль, перш ніж її побачить людське око з землі. Зенітні та протиракетні системи були модернізовані протягом багатьох років для виявлення інших форм повітряних загроз, таких як балістичні ракети. Вони також були розроблені з бортовими радіолокаційними системами, які збільшують здатність ракети відстежувати свою ціль. Оскільки радіолокатор може бути заглушений радіочастотними сигналами, ракети з бортовим радаром, що живиться від батареї, можна запрограмувати на перемикання на інфрачервоне наведення у разі його радіолокатора. Сучасна ракета може літати на надзвукових швидкостях. Оснащені осколковою боєголовкою, яка вибухає при зіткненні, ракети довжиною 17 футів також несуть велику осколкову бомбу з неконтактним запалом, яка налаштована на детонацію, коли вона знаходиться на певній відстані від літака чи ракети. Осколкова бомба є основним компонентом ізраїльської системи «Залізний купол», що дозволяє Армії оборони Ізраїлю зупинити ракету Гази в польоті, випустивши ракети, які вибухають у безпосередній близькості від ракет Гази, спричиняючи їх знищення під час польоту або збиття з курсу. Нові бортові радіолокаційні передавачі та системи наведення, вбудовані в ракети, дозволяють їм контактувати з ціллю перед вибухом, який повністю знищує ціль. Пускові установки, які встановлені на вантажівці для транспортування, можуть вміщувати від 4 до 16 ракет. Наприклад, пускова установка американської ракетної системи «Пейтріот» має 4 пускові контейнери, які містять по 4 ракети. Пускова установка, як правило, приводиться в дію від

електричної силової машини, яка несе 2 генератори по 150 кВт. Ізраїльська система «Залізний купол» має приблизно 3-4 пускові установки, кожна з яких може утримувати 20 ракет-перехоплювачів «Тамір». Російська пускова установка С-400 має 4 контейнери, кожен з яких може вмістити 3 ракети малої дальності. Як правило, для керування батареєю протиракетної оборони потрібно близько 90 солдатів, а оператори мають бути присутніми у вантажівці, де розміщено радіолокаційний інтерфейс і комп'ютерні системи, які контролюють і направляють ракетну систему. Оператори мають доступ до кожної цілі, яку вловлюють радар і датчики, і можуть керувати системою вручну або дозволити їй працювати автоматично. Вони також відповідають за зв'язок із регіональним командним центром. Радар, який використовується для виявлення вхідних цілей, також може вимірювати її траєкторію, висоту та швидкість. Після сканування неба радар ідентифікує ціль як ворожу та освітлює її, запущені ракети можуть відслідковувати ціль, а оператори можуть належним чином навести ракету на наступний літак або ракету, обчисливши точку перехоплення, яка зазвичай є розраховується на основі попередньої траєкторії польоту цілі, зазначеної на радарі. Ракета зазвичай має антену на носі, яка може надавати додаткову інформацію про вхідну ракету під час польоту в напрямку вхідної ракети. Інформація, отримана антеною, потім передається назад до командної кабіни, де оператори потім використовують інформацію для повторного розрахунку точки перехоплення, коригування наведення та надсилання команд наведення назад до ракети, яка потім регулює курс ракети та передає це ближче до мети. Інші ракети-перехоплювачі мають власний радар і вбудовані комп'ютерні системи, що дозволяє ракеті самостійно виконувати всі необхідні розрахунки та наведення. Швидкість цих ракет залишає мало можливостей для помилок. Крім того, програмне забезпечення радара має бути оптимізоване для виявлення певних повітряних об'єктів, будь то балістичні ракети, ракети/міномети чи літаки/винищувачі. Алгоритми також застосовуються до радарних систем, які дозволяють їм виявляти, чи є повітряний об'єкт дружнім чи недружнім. Станом на 1 серпня 2022 року Росія зіткнулася з жорстоким українським контрнаступом, під час якого українські сили обстріляли десятки американських ракет HIMARS по російських позиціях. Деякі з цих ракет змогли уникнути російських систем протиповітряної оборони, і деякі експерти вважають, що Росія не має програмного забезпечення, щоб відрізнити ракети HIMARS від ракет «Град» на своїх радарах. Це ставить Росію перед дилемою. Тож Україна, поряд зі стрільбою ракетами HIMARS, може просто час від часу запускати ракети «Град» і змусити Росію запускати більше своїх дорогих ракет «повітря-повітря», які вони воліли б використовувати проти ракет HIMARS. Це зрештою призведе до виснаження російських запасів, оскільки вони намагаються розробити програмне

забезпечення для радара, яке дозволило б йому розрізняти ракети HIMARS і Grad.

Нова розробка протиракетних систем включатиме ті ж технології, що і в безпілотних літальних апаратах. У той час як камери/радари/датчики, вбудовані в безпілотні транспортні засоби, використовуються, щоб допомогти транспортному засобу сприймати людей та інші об'єкти та орієнтуватися навколо них, ті самі камери/радари/сенсори, вбудовані в ракети, допомагатимуть ракетам знаходити та вражати ціль. Автономні транспортні засоби, також відомі як безпілотні автомобілі, використовують камери, датчики та радари для відстеження власних переміщень, а також положення та переміщення оточуючих предметів і людей, щоб безпілотний автомобіль міг правильно рухатися, не врізаючись у людей поблизу або предмети. Основними компонентами цих автономних транспортних засобів є liDar, радар і камери виявлення руху/об'єктів. Радар, який використовується в безпілотних транспортних засобах, складається з 2 типів: імпульсно-модульований безперервний хвиля (FMCW). Розробці автономних транспортних засобів сприяла велика винахідливість одних із найкращих техніків у світі, що дозволило автомобільній промисловості еволюціонувати від транспортних засобів, якими керує людина, до автоматизованих транспортних засобів із самоконтролем. В автомобільній промисловості триває величезна гонка за те, щоб вивести на ринок найефективнішу систему безпілотних автомобілів. Це завдання передбачає масштабні дослідження сенсорних технологій, виявлення руху, кодування, ШІ та радарних систем. Безпілотні автомобілі покладаються на радар, лідар і ультразвук. Ці датчики дозволяють транспортному засобу працювати без керівництва людини та дають йому можливість ідентифікувати та уникати зіткнення з перешкодами, об'єктами та пішоходами в безпосередньому оточенні. Цю саму технологію, яка використовується в ракетах, можна використовувати для прямо протилежного — зіткнення та знищення будь-яких об'єктів або перешкод, які вважаються ціллю. Технологія, що лежить в основі безпілотних автомобілів, які використовуються в розробці ракет, підвищить точність ракетних ударів і протиракетного захисту, оскільки технологія виявлення об'єктів матиме програми, які дозволятимуть ракеті маневрувати до цілі без необхідності розрахунків ймовірності, які використовуються в сучасних ракетних системах. . Гіпотетично, обмежувальну рамку, яка використовується для ідентифікації цільового об'єкта, можна встановити так, щоб визначити кутову точку між двома ракетами, дозволяючи ракеті-перехоплювачу прямувати прямо до кутової точки, щоб зустріти та знищити цільову ракету або літак. Більшість сучасних ракетних систем покладаються на обчислення та прогнозування траєкторії цілі та визначення місцезнаходження точки перехоплення, але іноді передбачення буває хибним. Технологія автономного керування, яка використовується при

розробці ракет, значно підвищує ймовірність того, що ракета знайде свою ціль. Однак існує ймовірність того, що ворожі ракети з технологією автономного керування можуть бути створені для виявлення вхідного вогню та ухилення від нього подібно до того, як самокеровані автомобілі створені для уникнення людей і речей у навколишньому середовищі. Крім того, використання камер, а також виявлення об'єктів і руху на ракетних системах вимагатиме квантових обчислень через гіперзвукові швидкості, з якими рухаються ракети, щоб досягти місця, де виявлення та автоматичні маневри матимуть лише мілісекунди. Маневрування ракетами здійснюється за допомогою випускного сопла, яке можна повертати з боку в бік. Коли сопло залишається в середині, тяга залишається вздовж центральної лінії ракети, утримуючи ракету на прямій траєкторії. Коли сопло повертається вліво, лінія тяги стає нахиленою до центральної лінії ракети, утворюючи кут, званий карданним кутом. Оскільки в цьому випадку траст більше не проходить через центральну лінію ракети, утворюється крутний момент, який змушує носову частину ракети повертатися ліворуч. Аналогічно відбувається також, коли сопло повертається вправо, в результаті чого носова частина ракети повертається вправо. Завдяки технології автоматичного керування, застосованій до ракетних систем, сопло можна автоматизувати, щоб утримувати ракету в положенні, яке утримує індикатор виявлення об'єкта бортової камери фіксованим на цілі. У технології самостійного водіння датчики здатні ідентифікувати об'єкт за допомогою плати Raspberry Pi, приєднаної до модуля pi-камери, а також ультразвукового датчика, відповідального за збір даних. Потім на Raspberry Pi запускається програма Python, яка знімає зображення з pi-камери та виявляє об'єкти в ній, наприклад сигнали світлофора (червоне або зелене світло) і смуги руху. Ультразвукові датчики виявлять інші перешкоди на шляху автомобіля. Усі кадри обрізаються та змінюються в масив numpy. Зображення позначаються належним чином, а потім дані поміщаються у файл npz перед вставленням у файл xml, який завантажується з Raspberry pi, коли автомобіль запускається в режим самостійного водіння, що дозволяє автомобілю виявляти об'єкти на основі навчені дані. Таким чином, коли автомобіль приводиться в рух, по суті, бортова камера починає знімати кадри з потокового відео, а потім передає їх на контролер Raspberry Pi, де алгоритм може ідентифікувати об'єкт і відповідним чином реагувати. Для виявлення світлофора алгоритм може визначити, червоний чи зелений колір, і ініціалізувати транспортний засіб, щоб зупинитися на світлофорі, якщо він червоний, і почати рух, коли світло стане зеленим. Значна частина цієї технології з точки зору простого коду легко доступна для багатьох пристроїв. Веб-камери на ноутбуках можна перетворити на пристрої виявлення руху та об'єктів за допомогою простого коду html, що дає користувачеві середнього рівня базове уявлення про алгоритми виявлення

руху та об’єктів. Цілком ймовірно, що виявлення ракет буде розроблено за допомогою методології каскадного класифікатора на основі ознак Хаара, яка була описана в статті, написаній Полом Вуалом і Майклом Джонсом у 2001 році. Ця методологія є формою машинного навчання, в якій каскадна функція або класифікатор , розвивається шляхом виділення рис із позитивних і негативних образів. Наприклад, для розпізнавання облич потрібна як пристойна кількість позитивних зображень, які містять справжні обличчя, так і пристойна кількість негативних зображень, які є зображеннями без облич, щоб розробити алгоритм для виявлення облич. Для кращої точності часто потрібні сотні чи тисячі позитивних і негативних зображень, а також потужна обчислювальна потужність. Наступним кроком є виділення функцій із зображень, і це робиться за допомогою каскадних вікон, які називаються фільтрами Хаара, які містять як чорні, так і білі прямокутники, розташовані над різними частинами зображення. Витягнуті характеристики обчислюються шляхом віднімання суми пікселів під білою частиною фільтра Хаара від суми пікселів під чорною частиною фільтра Хаара. Цей процес визначає аспекти зображення по відношенню до інших частин зображення, наприклад, якщо область очей зазвичай темніша за області носа та щік. Або якщо область очей темніша за перенісся. Ці дані допомагають алгоритму розрізняти та класифікувати обличчя та не обличчя. Цей процес називається навчанням зображень, і після завершення векторні дані генеруються у файлі xml. Цей навчальний процес можна проводити з будь-якими предметами, включаючи ракети та літаки. У більшості випадків безпілотні автомобілі використовують усі ці функції для самостійного запуску, і такі функції можна застосувати до ракет. Можна легко налаштувати ракету, щоб вона містила модуль pi-камери та ультразвуковий датчик, прикріплений до плати Raspberry Pi для збору вхідних даних. Позитивні зображення будь-якої цільової ракети разом із негативними зображеннями, які не містять цільових ракет, можна навчити, використовуючи дані, що містять витягнуті характеристики, згенеровані у файлі xml. Наприклад, Україна може завантажити сотні фотографій російської ракети Х-22, яка влучила в завод «Кредмаш» і сусідній торговий центр «Амстор» ще в червні, і навчити як позитивні, так і негативні зображення, щоб ракету Х-22 можна було виявити камера прикріплена до ракети-перехоплювача. При кожному пускі ракети Х-22 радар протиракетної системи виявляв ракету в польоті і запускав власну ракету для перехоплення цілі. Ракета-перехоплювач теоретично може мати на борту контролер Raspberry Pi із заздалегідь підготовленим xml-файлом для класифікації цільової ракети. У польоті алгоритм зможе ідентифікувати ракету Х-22, а вбудовані в ракету лідар і радар визначать дальність. Камери на ракеті виявляли б kh-22 і відслідковували його за допомогою обмежувальної рамки, при цьому сопло ракети було автоматично запрограмовано на обертання відповідно, щоб

направляти її траєкторію на ціль, можливо, маневруючи, щоб утримувати обмежувальну рамку в статичному положенні. Іншою можливістю є технологія, за допомогою якої алгоритм дозволяє бортовій камері виявляти кутову точку між ракетою-перехоплювачем і траєкторією ракети-мішені, що дозволяє ракеті-перехоплювачу зустріти ціль у цій точці та знищити її. Це вимагатиме прогресу в технології liDar та його можливостях прогнозування руху.

Open CV — популярна міжплатформна бібліотека, яка дозволяє програмістам навчати власні класифікатори для будь-якого об'єкта. Українські дослідники, ймовірно, вже розробили попередньо навчені класифікатори, згенеровані у вигляді файлів xml, для виявлення російських ракет.

- автор: Антоній Бостонський
дата: 2 серпня 2022 року

sources:

Subterranean Warfare: A Counter to U.S. Airpower by Donald M. Heilig

Sharma P, Penney DG. Effects of ethanol in acute carbon monoxide poisoning. Toxicology. 1990 May 31;62(2):213-26. doi: 10.1016/0300-483X(90)90111-S. PMID: 2353360

Yingchao Wang, Shunhua Zheng, Yongliang Li, Yueming Wang & Yanhua Huang (2021) The failure characteristics around shallow buried tunnels under rainfall conditions, Geomatics, Natural Hazards and Risk,
12:1, 363-380, DOI: 10.1080/19475705.2021.1875058

Online Video YouTube International institute for Counter Terrerism (ICT) "The International Working Group on Subterranean Warfare
Conference"

A UKRAINIAN INSURGENCY WILL BE LONG AND BLOODY
Thomas B. Pepinsky | 03.03.22 https://mwi.usma.edu/a-ukrainian-insurgency-will-be-long-and-bloody/ (paraphrased heavily)

Wikipedia contributors. "2022 Russian invasion of Ukraine." Wikipedia, The Free Encyclopedia. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 5 Mar. 2022. Web. 5 Mar. 2022.

Implementation of Driverless Car Using Haar Cascade Algorithm

"Harshada Kashid1", "Ashwini Pujari 2i","Farheen Mujawar3","Hafsa Majgaonkar4"

123" Student, Department of Computer Science Engineering, Jaywant College of Engineering and Polytechnic,

K.M.Gad, Sangli, Maharastra, India "

4"Assitant Professor, Department of computer Science Engineering, Jaywant College of Engineering

and Polytechnic, K.M.Gad, Sangli, Maharastra, India"

https://www.irjet.net/archives/V8/i6/IRJET-V8I6558.pdf

https://www.thedrive.com/the-war-zone/31822/upgraded-israeli-iron-dome-defense-system-swats-down-100-percent-of-targets-in-tests

https://www.army-technology.com/projects/patriot/